



(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

(12) Offenlegungsschrift
(10) DE 100 53 769 A 1

(51) Int. Cl. 7:
H 01 G 4/12
H 01 G 4/30

(21) Aktenzeichen: 100 53 769.3
(22) Anmeldetag: 30. 10. 2000
(23) Offenlegungstag: 10. 5. 2001

(30) Unionspriorität:
11 306745 28. 10. 1999 JP
(71) Anmelder:
Murata Manufacturing Co., Ltd., Nagaokakyo, JP
(74) Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
80538 München

(72) Erfinder:
Yamana, Tsuyoshi, Nagaokakyo, JP; Miyazaki,
Takaharu, Nagaokakyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- (54) Monolithisches keramisches elektronisches Bauelement und Verfahren zur Herstellung desselben
(57) Ein monolithisches keramisches elektronisches Bauelement umfaßt ein Keramikelement mit mehreren Keramiksichten und mehreren inneren Elektrodenschichten. Jede innere Elektrodenschicht befindet sich zwischen zwei benachbarten Keramiksichten. Die Rauhigkeit der Übergangsfläche zwischen jeder inneren Elektrodenschicht und jeder Keramiksicht beträgt 200 nm oder weniger, und das Auftreten von Poren in der Keramiksicht beträgt 1% oder weniger pro Fläche in einem polierten Querschnitt. Das monolithische keramische elektronische Bauelement ist ein monolithischer Keramikkondensator, ein monolithischer keramischer Varistor, ein monolithisches keramisches piezoelektrisches Bauelement oder ein monolithisches Substrat.

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 53 769 A 1

DE 100 53 769 A 1

Beschreibung

- Die vorliegende Erfindung betrifft elektronische Bauelemente und Verfahren zur Herstellung derselben. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung ein monolithisches keramisches elektronisches Bauelement mit einem Keramikelement aus Keramiksichten und inneren Elektrodenschichten, und sie betrifft ein Verfahren zur Herstellung derselben.
- 5 Dielektrische keramische Werkstoffe mit einer Perovskitstruktur wie zum Beispiel Bariumtitanat, Strontiumtitanat und Calciumtitanat sind wegen ihrer hohen spezifischen Dielektrizitätskonstante bei Kondensatoren weit verbreitet. Der Trend zur Miniaturisierung elektronischer Bauelemente erfordert kompaktere Kondensatoren mit großer elektrostatischer Kapazität.
- 10 Da herkömmliche monolithische keramische Kondensatoren, bei denen dielektrische keramische Werkstoffe als dielektrische Schichten verwendet werden, bei hohen Temperaturen von ungefähr 1300°C gesintert werden, müssen Edelmetalle wie Palladium als Werkstoffe für die inneren Elektroden verwendet werden. Die Verwendung solch teurer Edelmetalle führt zwangsläufig zu einer Erhöhung der Materialkosten für die Kondensatoren.
- 15 Zur Lösung des obigen Problems werden bei inneren Elektroden von monolithischen keramischen Kondensatoren zunehmend unedle Metalle verwendet, und um die Oxidation der Elektroden während des Sinterns zu verhindern, wurden verschiedene dielektrische Werkstoffe entwickelt, die reduktionsbeständig sind und in einer neutralen und reduzierenden Atmosphäre gesintert werden können.
- 20 Unter diesen Umständen ist für monolithische keramische Kondensatoren eine weitere Verringerung der Größe und eine weitere Zunahme der Kapazität erforderlich, und es werden Technologien entwickelt, um höhere Dielektrizitätskonstanten der dielektrischen keramischen Werkstoffe, dünne dielektrische Keramiksichten und dünne innere Elektrodenschichten zu erzielen.
- 25 Wenn die Dicke der zwischen den inneren Elektrodenschichten angeordneten Keramiksicht auf 3 µm oder weniger verringert wird, nimmt die Ungleichmäßigkeit der Übergangsfläche zwischen der dielektrischen Keramiksicht und der inneren Elektrodenschicht zu bzw. Fehlstellen oder Poren in der dielektrischen Keramik nehmen zu, was zu einer kürzeren Lebensdauer führt.
- 30 Es wird eine Verringerung der Teilchengröße des Keramikpulvers vorgeschlagen, um die Glattheit ungesinterter Keramiklagen zur Ausbildung von Keramiksichten zu verbessern und die Dichte der ungesinterten Keramiklage zu erhöhen (Japanische Offenlegungsschrift Nr. 10-223469).
- 35 Wenn die Teilchengröße abnimmt, klumpt das Keramikpulver leicht zusammen, was zu einer schlechten Dispergierbarkeit führt. Die Oberflächenglattheit und die Dichte der ungesinterten Keramiklage wird aber durch Verringern der Teilchengröße allein nicht ausreichend verbessert. Außerdem nimmt die Dielektrizitätskonstante des Keramikpulvers ab, wenn die Teilchengröße in derselben Zusammensetzung abnimmt, und die Verringerung der Teilchengröße ist nicht sinnvoll bei monolithischen Keramikkondensatoren mit einer höheren Kapazität.
- 40 Wenn die Größe der bei inneren Elektroden verwendeten Metallteilchen abnimmt, nimmt auch die anfängliche Sintertemperatur der Metallteilchen ab, und es kommt leicht zu einer Delaminierung. Solche Metallteilchen lassen sich nur schwer als Elektrodenmaterialien für monolithische Kondensatoren verwenden.
- 45 Wenn der Gehalt an organischen Bindemitteln in der Keramik erhöht wird, um die Oberflächenglattheit einer ungesinterten Keramiklage zu verbessern, nimmt der Volumenanteil des Keramikpulvers an der ungesinterten Keramiklage ab, und die Volumenschrumpfung des Keramikelements (des Chips) nimmt während des Sinterns zu. Wenn die Volumenschrumpfung des Keramikelements groß ist, nimmt auch die Fläche der Elektrodenpaste auf der ungesinterten Keramiklage in Reaktion auf die Flächenschrumpfung der ungesinterten Keramiklage ab. Da das Volumen des Elektrodenmaterials wie zum Beispiel Nickel bei der inneren Elektrode konstant ist, nimmt die Dicke der inneren Elektrodenschicht ungünstig zu, was dem Trend zu dünneren Mehrfachschichten entgegensteht.
- 50 Bei einer ungesinterten Keramiklage mit einem großen Anteil an organischem Bindemittel und mit einer großen Flächenschrumpfung kann die Dicke der aufgebrachten Elektrodenpaste im Hinblick auf die Flächenschrumpfung der ungesinterten Keramiklage verringert werden. Die Verringerung der Dicke führt jedoch zur Bildung von feinsten Löchern in der Elektrodenpastenschicht und zu einer Zunahme der Oberflächenrauhigkeit der Elektrode infolge einer verminderten Egalisierung der Elektrodenpaste. Diese Fehler vermindern die Flächenabdeckung der Elektrode (wirksame Elektrodenfläche) nach dem Sintern, was zu einer Verschlechterung der elektrischen Eigenschaften des Produkts führt.
- 55 Die oben beschriebenen Probleme treten auch bei verschiedenen anderen monolithischen keramischen elektronischen Bauelementen als den monolithischen Keramikkondensatoren auf.
- 60 Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein monolithisches keramisches elektronisches Bauelement und ein Verfahren zur Herstellung derselben bereitzustellen, womit infolge der Glattheit der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrode und der Keramiksicht eine längere Lebensdauer gewährleistet ist und die Ausbildung von Strukturfehlern wie zum Beispiel eine Delaminierung und Krümmung der Elektrode in der dünnen mehrlagigen Konfiguration reduziert wird.
- Gemäß einer ersten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfaßt ein monolithisches keramisches elektronisches Bauelement ein Keramikelement aus mehreren Keramiksichten und mehreren inneren Elektrodenschichten, die jeweils zwischen zwei benachbarten Keramiksichten angeordnet sind. Bei dem monolithischen keramischen elektronischen Bauelement beträgt die Rauigkeit der Übergangsfläche zwischen jeder inneren Elektrodenschicht und jeder Keramiksicht 200 nm oder weniger, und das Auftreten von Poren in der Keramiksicht beträgt 1% oder weniger pro Fläche in einem polierten Querschnitt.
- 65 Eine solche Rauigkeit und ein solches Auftreten von Poren trägt infolge einer verbesserten Glattheit der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrode und der Keramiksicht und infolge reduzierter Strukturfehler wie zum Beispiel Delaminierung und Krümmung bei der dünnen mehrlagigen Konfiguration zu einer längeren Lebensdauer bei. Infolgedessen kann das monolithische keramische elektronische Bauelement miniaturisiert werden und zeigt eine überlegene Haltbarkeit.
- Wenn die Rauigkeit Ra größer ist als 200 nm, ist die Lebensdauer des monolithischen keramischen elektronischen

Bauelements signifikant kurz. Wenn das Auftreten von Poren 1% übersteigt, ist die Lebensdauer des monolithischen keramischen elektronischen Bauelements ebenfalls signifikant kurz.

Bei der vorliegenden Erfindung stellt die Rauigkeit der Übergangsfläche den durch die Japanische Industrienorm (JIS) B-0601 definierten arithmetischen Mittendrauhwert Ra dar.

Beispiele für die monolithischen keramischen elektronischen Bauelemente der vorliegenden Erfindung umfassen monolithische Keramikkondensatoren, monolithische keramische Varistoren, monolithische keramische piezoelektrische Bauelemente und monolithische Substrate.

Bei dem monolithischen keramischen elektronischen Bauelement der vorliegenden Erfindung beträgt die Dicke jeder zwischen den inneren Elektrodenschichten angeordneten Keramikschicht vorzugsweise 3 µm oder weniger.

Da die Rauigkeit der Übergangsfläche bei der vorliegenden Erfindung 200 nm oder weniger beträgt, kann die Dicke der Keramikschicht auf 3 µm oder weniger reduziert werden, und das monolithische keramische elektronische Bauelement kann miniaturisiert werden und eine überlegene Haltbarkeit zeigen. Bei herkömmlichen monolithischen keramischen elektronischen Bauelementen führen solche dünnen Keramikschichten zu einer signifikant kurzen Lebensdauer.

Vorzugsweise liegt die Dicke jeder inneren Elektrodenschicht in einem Bereich von 0,2 bis 0,7 µm.

Bezüglich der inneren Elektrodenschicht ist eine Dicke von weniger als 0,2 µm nicht ausreichend, um die Funktion als innere Elektrode beizubehalten, da diese Schicht während des Sinterns teilweise mit der Keramikschicht reagiert und die Flächenabdeckung (wirksame Elektrodenschicht) vermindert wird. Eine Dicke über 0,7 µm führt zur Delaminierung, was die Funktionen des monolithischen keramischen elektronischen Bauelements verhindert.

Wenn die Dicke der inneren Elektrodenschicht in einem Bereich von 0,2 bis 0,7 µm liegt, weist die bei dem Herstellungsverfahren aufgebrachte Elektrodenpastenschicht keine feinsten Löcher auf und hat eine glatte Oberfläche. Außerdem kann die Gesamtdicke des monolithischen keramischen elektronischen Bauelements verringert werden. Infolgedessen kann das monolithische keramische elektronische Bauelement miniaturisiert werden und hohe Leistungsfähigkeit, hohe Zuverlässigkeit und eine überlegene Haltbarkeit zeigen.

Bei dem monolithischen keramischen elektronischen Bauelement der vorliegenden Erfindung können die inneren Elektrodenschichten ein unedles Metall umfassen.

Unabhängig von der Verwendung des unedlen Metalls bei der vorliegenden Erfindung kommt es bei dem monolithischen keramischen elektronischen Bauelement nicht zu einer Verschlechterung der Lebensdauer infolge einer Ungleichmäßigkeit der Übergangsfläche und infolge von Strukturfehlern wie zum Beispiel einer Delaminierung und Krümmung der Elektrode bei der dünnen mehrlagigen Konfiguration. Demnach ermöglicht die Verwendung des unedlen Metalls bei der vorliegenden Erfindung verminderte Materialkosten ohne Einbuße an Zuverlässigkeit.

Bei der vorliegenden Erfindung können jedoch auch edle Metalle als Materialien für die inneren Elektroden verwendet werden.

Gemäß einer zweiten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen monolithischen keramischen elektronischen Bauelements die folgenden Schritte: Laminieren von ungesinterten Keramiklagen mit einer Oberflächenrauhigkeit von jeweils 100 nm oder weniger und mit einer Elektrodenpastenschicht darauf zu einem ungesinterten Schichtkörper; Verdichten des ungesinterten Schichtkörpers; und Sintern des ungesinterten Schichtkörpers zu dem Keramikelement.

Im vorliegenden Zusammenhang stellt die Oberflächenrauhigkeit der ungesinterten Lage den durch die Japanische Industrienorm (JIS) B-0601 definierten arithmetischen Mittendrauhwert Ra dar, wie bei der Rauigkeit der Übergangsfläche. Durch Verwendung der ungesinterten Keramiklage mit einer Oberflächenrauhigkeit von 100 nm oder weniger kann die Rauigkeit der Übergangsfläche auf 200 nm oder weniger gehalten werden, und das Auftreten von Poren kann auf 1% oder weniger reduziert werden.

Bei dem Verfahren können ungesinterte Keramiklagen ohne Elektrodenpastenschicht auch mit den ungesinterten Keramiklagen mit Elektrodenpastenschicht zusammengeschichtet werden.

Gemäß einer dritten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung umfasst ein Verfahren zur Herstellung des oben beschriebenen monolithischen keramischen elektronischen Bauelements die folgenden Schritte: Laminieren von ungesinterten Keramiklagen, die jeweils mit einer Elektrodenpastenschicht mit einer Oberflächenrauhigkeit von 100 nm oder weniger versehen sind, zu einem ungesinterten Schichtkörper; Verdichten des ungesinterten Schichtkörpers; und Sintern des ungesinterten Schichtkörpers zu dem Keramikelement.

Im vorliegenden Zusammenhang stellt die Oberflächenrauhigkeit der Elektrodenpastenschicht den durch die Japanische Industrienorm (JIS) B-0601 definierten arithmetischen Mittendrauhwert Ra dar, wie bei der Rauigkeit der Übergangsfläche. Durch Verwendung der Elektrodenpastenschicht mit einer Oberflächenrauhigkeit von 100 nm oder weniger kann die Rauigkeit der Übergangsfläche auf 200 nm oder weniger gehalten werden, und das Auftreten von Poren kann auf 1% oder weniger reduziert werden.

Bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung wird eine Oberfläche wenigstens einer von jeder ungesinterten Keramiklage und jeder Elektrodenpastenschicht vorzugsweise einer Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen.

Durch die Verdichtungs- und Glättungsbehandlung der Oberfläche wenigstens einer von der ungesinterten Keramiklage und der Elektrodenpastenschicht kann die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht auf 200 nm oder weniger reduziert werden, und das Auftreten der Fehlstellen (Poren) kann auf 1% oder weniger reduziert werden.

Bei der vorliegenden Erfindung kann die Verdichtungs- und Glättungsbehandlung wie folgt durchgeführt werden. Eine ungesinterte Keramiklage wird der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen und dann wird darauf eine Elektrodenpastenschicht bereitgestellt. Alternativ wird eine Elektrodenpastenschicht auf einer ungesinterten Keramiklage bereitgestellt, die der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen wurde, und dann wird das Laminat ebenfalls der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen. Alternativ wird eine Elektrodenpastenschicht auf einer ungesinterten Keramiklage bereitgestellt, die keiner Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen wurde, und dann wird das Laminat der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen. Die Verdichtungs- und Glättungsbehandlung kann durch ein hydraulisches Verdichtungsverfahren, ein Flachverdichtungsverfahren oder ein Kalanderwalzverfahren durch-

geführt werden. Die Verdichtungs- und Glättungsbehandlung erleichtert eine gleichmäßige Verteilung von Keramikteilchen in der ungesinterten Keramiklage und verringert das Auftreten von Poren in der Keramik während des Sinterns.

Bei dem Verfahren der vorliegenden Erfindung beträgt die durch die folgende Gleichung dargestellte Flächenschrumpfung vorzugsweise 25 bis 35%:

5

$$(\Lambda_0 - \Lambda_1)/\Lambda_0 \times 100(\%)$$

wobei Λ_0 die von der Längsrichtung (der Oberseite) des ungesinterten Schichtkörpers betrachtete Fläche darstellt, und Λ_1 die Fläche des gesinterten Schichtkörpers darstellt.

10

Das heißt, die Flächenschrumpfung ist bei diesem Verfahren aus den folgenden Gründen auf einen Bereich von 25 bis 35% begrenzt.

15

(1) Wenn die Flächenschrumpfung größer ist als 35%, nimmt auch die Dicke der Keramiksicht und der inneren Elektrodenschicht wegen der Flächenschrumpfung zu. Wenn die Dicke der aufgebrachten inneren Elektrodenschicht in Anbetracht der Zunahme der Dicke infolge der Flächenschrumpfung kleiner wird, entstehen feinste Löcher in der inneren Elektrodenschicht, was zu einer verminderten elektrostatischen Kapazität nach dem Sintern führt.

20

(2) In einem Brei, der Keramikteilchen mit demselben Durchmesser enthält, beträgt die aus dem Volumenverhältnis (72%) der Teilchen in der hexagonal dichten Packung berechnete Flächenschrumpfung 18%, und die aus dem Volumenverhältnis (52%) in der kubisch dichten Packung berechnete Flächenschrumpfung beträgt 30%. Wenn Metallocidteilchen mit signifikant kleinen Durchmessern fein genug verteilt werden können, kann die Flächenschrumpfung der Keramik infolge eines verbesserten Volumenverhältnisses der Teilchen auf 25% oder weniger reduziert werden. In einem solchen Fall muß jedoch die Menge an organischem Bindemittel in dem Brei reduziert werden. Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklage nimmt daher unerwünschterweise zu. Demnach beträgt die Flächenschrumpfung bei der vorliegenden Erfindung vorzugsweise 25% bis 35%.

25

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht eines monolithischen Keramikkondensators gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

30

Die bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun anhand eines monolithischen Keramikkondensators 1 mit einer in Figur 1 gezeigten Konfiguration näher beschrieben. Der monolithische Keramikkondensator 1 ist von der Art eines Chip und umfaßt einen rechteckigen quaderförmigen Schichtkörper (Keramikelement) 3, eine erste äußere Elektrode 6, die an einem ersten Ende 4 des rechteckigen quaderförmigen Schichtkörpers 3 vorgesehen ist, und eine zweite äußere Elektrode 7, die an einem zweiten Ende 5 des rechteckigen quaderförmigen Schichtkörpers 3 vorgesehen ist. Der rechteckige quaderförmige Schichtkörper 3 umfaßt dielektrische Keramiksichten 2, erste innere Elektroden 8 und zweite innere Elektroden 9. Die ersten inneren Elektroden 8 und die zweiten inneren Elektroden 9 sind abwechselnd zwischen den dielektrischen Keramiksichten 2 angeordnet. Die erste äußere Elektrode 6 ist mit den ersten inneren Elektroden 8 verbunden, während die zweite äußere Elektrode 7 mit den zweiten inneren Elektroden 9 verbunden ist. Erste galvanisch hergestellte Schichten 10 und 11 und zweite galvanisch hergestellte Schichten 12 und 13 sind auf den äußeren Elektroden 6 bzw. 7 ausgebildet.

40

Es wird nun ein Verfahren zur Herstellung des monolithischen Keramikkondensators beschrieben.

45

(1) Vorbestimmte Mengen eines pulverförmigen Keramikmaterials, wie zum Beispiel Bariumtitanat, und Modifikatoren werden naßvermischt und getrocknet, um eine Pulvermischung herzustellen. Als Modifikatoren werden im allgemeinen pulverförmige Oxide oder Carbide verwendet.

50

(2) Ein organisches Bindemittel und ein Lösemittel werden der Pulvermischung zugesetzt, um einen Keramikbrei herzustellen. Der Keramikbrei wird verlängert, um eine ungesinterte Keramiklage für die Keramiksicht 2 herzustellen. Die Dicke der ungesinterten Keramiklage wird so eingestellt, daß sie nach dem Sintern 3 µm oder weniger beträgt.

55

Die ungesinterte Keramiklage wird verdichtet, um ihre Oberflächenrauhigkeit durch ein hydraulisches Verdichtungsverfahren, ein Flachverdichtungsverfahren oder ein Kalanderwalzverfahren zu verringern. Durch diese Verdichtungs- und Glättungsbehandlung wird die Oberfläche der ungesinterten Keramiklage geglättet, und die Dichte der Lage wird gleichmäßig, so daß die Entstehung von Poren während des Sinterns verringert wird.

60

(3) Als nächstes wird ein Elektrodenpastenfilm (Film aus einer leitenden Paste) für die innere Elektrode 8 oder 9 durch ein Siebdruckverfahren oder dergleichen auf einer ungesinterten Keramiklage ausgebildet. Die Dicke des Elektrodenpastenfilms ist so eingestellt, daß die Dicke der gesinterten inneren Elektrode 0,2 bis 0,7 µm beträgt.

65

Die Elektrodenpaste besteht aus einer Mischung aus einem Metallpulver, einem Bindemittel und einem Lösemittel. Das Metallpulver hat vorzugsweise einen durchschnittlichen Durchmesser von 10 bis 200 nm. Ein derart feines Metallpulver kann beispielsweise durch einen Hochdruckhomogenisator gleichmäßig dispergiert werden.

Eine beispielhafte Elektrodenpaste enthält Nickelpulver, Ethylcellulose als Bindemittel und ein Lösemittel wie zum Beispiel Terpineol.

70

Die Elektrodenpaste wird auf der ungesinterten Keramiklage durch ein Siebdruckverfahren ausgebildet, um eine Elektrodenpastenschicht zu bilden. Wie bei der ungesinterten Keramiklage kann eine Verdichtungs- und Glättungsbehandlung angewandt werden, um die Oberflächenrauhigkeit Ra der Elektrodenpastenschicht zu reduzieren und die Dichte gleichmäßig zu machen.

(4) Mehrere ungesinterte Keramiklagen, die mit der Elektrodenpastenschicht versehen sind, und andere ungesinterte Keramiklagen werden aufeinandergeschichtet und verdichtet, und das Laminat wird ggf. zu einer vorbestimmten Größe geschnitten. Dadurch wird ein ungesinterter Schichtkörper 3 hergestellt, bei dem innere Elektroden 8 und 9 an den Enden 4 bzw. 5 freiliegen.

(5) Der ungesinterte Schichtkörper 3 wird in einer reduzierenden Atmosphäre gesintert. 5

(6) Eine leitende Paste wird auf das erste Ende 4 bzw. das zweite Ende 5 des gesinterten Schichtkörpers (Keramikelementes) 3 aufgebracht und gebrannt, um die erste äußere Elektrode 6 bzw. die zweite äußere Elektrode 7 herzustellen, die mit den freiliegenden Enden der ersten inneren Elektrode 8 bzw. der zweiten inneren Elektrode 9 elektrisch verbunden sind. 10

Die Materialien für die äußeren Elektroden 6 und 7 unterliegen keiner Beschränkung und können dieselben oder auch andere sein wie jene für die inneren Elektroden 8 und 9.

(7) Die äußeren Elektroden 6 und 7 können ggf. mit galvanisch hergestellten Schichten 10 bzw. 11 bedeckt sein, die aus Ni, Cu oder einer Ni-Cu-Legierung bestehen. Darüberhinaus können die galvanisch hergestellten Schichten 10 und 11 mit zweiten galvanisch hergestellten Schichten 12 und 13 bedeckt sein, die aus Lötmittel oder Zinn bestehen, um die Lötbarkeit der Schichten zu verbessern. 15

BEISPIELE

Die vorliegende Erfindung wird anhand der folgenden BEISPIELE beschrieben. 20

Herstellung von Proben

(1) Bariumtitanatpulver (BaTiO_3) als pulverförmiger keramischer Rohstoff wurde durch ein Hydrolyseverfahren hergestellt und bei 800°C, 875°C oder 950°C kalziniert, um Bariumtitanatteilchen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 98 nm, 153 nm oder 210 nm zu bilden. 25

(2) Disperse Oxide von Dysprosium (Dy), Magnesium (Mg), Mangan (Mn) und Silicium (Si) wurden den Bariumtitanatteilchen zugesetzt, um Keramikzusammensetzungen herzustellen.

(3) Polyvinylbutyral (PVB) als Bindemittel, Dioctylphthalat (DOP) als Weichmacher und eine Mischung von Ethanol und Toluol als Lösemittel wurden jeder Keramikzusammensetzung gemäß der in Tabelle 1 angegebenen Formulierung zugesetzt. Die Mischung wurde naßdispagliert, und der Brei wurde dann durch ein Sandmühlenverfahren gründlich dispergiert. 30

Tabelle 1

Flächenschrumpfung der Keramik (%)	Keramikteilchen (Gew.-%)	Gesamtgehalt an PVB und DOP (Gew.-%)	Lösemittel (Ethanol + Toluol) (Gew.-%)
20	100	6,9 (= 4,9 + 2,0)	200
25	100	9,1 (= 7,1 + 2,0)	200
30	100	11,5 (= 9,5 + 2,0)	200
35	100	14,5 (= 12,0 + 2,5)	200
40	100	17,7 (= 12,2 + 2,5)	200

Der Keramikbrei kann durch ein Viskomühlenverfahren oder ein Dispersionsverfahren im Hochdruckhomogenisator anstatt eines Kugelmühlenverfahrens dispergiert werden. 55

(4) Der Keramikbrei wurde mit einem Streichmesserverfahren ausgebreitet, um eine ungesinterte Keramiklage zu bilden.

Der Gesamtgehalt an PVB und DOP wurde verändert, um die Flächenschrumpfung des Keramikelements 3 zu ändern, wie aus Tabelle 1 hervorgeht. 60

Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklagen betrug 228 nm, 162 nm und 120 nm, wenn der Teilchendurchmesser von Bariumtitanat 210 nm, 153 nm bzw. 98 nm betrug.

(5) Die ungesinterten Keramiklagen wurden mit einer Flachpreßmaschine unter einem Druck von 500 kg/cm² verdichtet. Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklagen verringerte sich nach der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung von 228 nm auf 143 nm, von 162 nm auf 97 nm und von 120 nm auf 48 nm. 65

(6) Als nächstes wurden kugelförmige Nickelteilchen mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 200 nm,

85 nm und 45 nm durch ein Dampfphasenreduktionsverfahren (bei 200 nm), einem Wasserstofflichtbogenverfahren (bei 85 nm) und einem Flüssigphasenreduktionsverfahren (bei 45 nm) hergestellt.

Als nächstes wurden 42 Gew.-% Nickelteilchen, 44 Gew.-% eines durch Lösen von 6 Gew.-% Ethylcellulose als Bindemittel in 94 Gew.-% Terpineol hergestellten organischen Trägers und 14 Gew.-% Terpineol in einer Kugelmühle oder Sandmühle gründlich gemischt, um eine Nickelelektronenpaste herzustellen. Die Paste kann wie bei dem Keramikbrei in einer Viskomühle oder einem Hochdruckhomogenisator dispergiert werden.

Die Nickelelektronenpaste wurde durch ein Siebdruckverfahren mit Siebmustern unterschiedlicher Dicke auf die ungesinterten Keramiklagen aufgetragen, um Elektrodenpastenschichten auf den ungesinterten Keramiklagen mit einer Dicke von 0,15 bis 0,50 µm auszubilden. Die Dicke jeder ungesinterten Keramiklage wurde mit einem Röntgen-Dickenmessgerät ermittelt.

Die Oberflächenrauhigkeit Ra der Elektrodenpastenschichten betrug 187 nm, 132 nm und 112 nm, wenn der durchschnittliche Durchmesser der Nickelteilchen 200 nm, 85 nm bzw. 45 nm betrug.

(8) Jede mit der Elektrodenpastenschicht versehene ungesinterte Keramiklage wurde mit einer Flachpreßmaschine unter einem Druck von 500 kp/cm² verdichtet. Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklagen verringerte sich nach der Verdichtungs- und Glättungsbehandlung von 187 nm auf 110 nm, von 132 nm auf 76 nm und von 112 nm auf 50 nm.

(9) Mehrere ungesinterte Keramiklagen wurden gestapelt und verdichtet, so daß die Elektrodenpastenschichten abwechselnd an beiden Enden freilagen, und das Laminat wurde zu einem ungesinterten Schichtkörper (Chip) mit einer vorbestimmten Größe geschnitten.

(10) Der ungesinterte Schichtkörper wurde in einer Stickstoffatmosphäre auf 300°C erwärmt, um das Bindemittel zu entfernen, und bei einer Temperatur von maximal 1200°C 2 Stunden in einer reduzierenden Wasserstoff-Stickstoff-Wasser-Atmosphäre mit einem Sauerstoffpartialdruck von 10⁻⁹ bis 10⁻¹² MPa gesintert.

(11) Eine Silberpaste mit einem B₂O₃-Li₂O-SiO₂-BaO-haltigen Frittglas wurde auf die zwei Enden des gesinterten Schichtkörpers aufgetragen und bei 600°C in einer Stickstoffatmosphäre gebrannt, um äußere Elektroden zu bilden, die mit den inneren Elektroden elektrisch verbunden waren.

Der resultierende monolithische Keramikkondensator hatte eine Breite von 5,0 mm, eine Länge von 5,7 mm und eine Dicke von 2,4 mm, und jede zwischen den inneren Elektroden angeordnete Keramikschicht hatte eine Dicke von 5 µm, 3 µm oder 1 µm. Der monolithische Keramikkondensator enthielt fünf wirksame dielektrische Keramikschichten, und die wirksame Fläche (gegenüberliegende Fläche) jeder inneren Elektrodenschicht hatte eine Größe von 16,3 × 10⁻⁶ m².

Bewertung der Proben

Die Schichtstruktur, die elektrischen Eigenschaften und die Zuverlässigkeit jedes monolithischen Keramikkondensators wurden wie folgt bewertet.

Die Rauhigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrode und der Keramikschicht wurde durch eine Bildanalyse einer rasterelektronenmikroskopischen Aufnahme eines Querschnitts einer geschnittenen Probe des monolithischen Keramikkondensators ermittelt.

Das Auftreten von Fehlstellen (Poren) in der Keramikschicht wurde ebenfalls durch die Bildanalyse der mikroskopischen Aufnahme ermittelt.

Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklage und der Elektrodenpastenschicht wurde jeweils durch Messen einer Fläche von 20 µm² mit einem Kraftmikroskop ermittelt.

Die Dicke der inneren Elektrode und der Keramikschicht wurde jeweils durch eine Bildanalyse eines polierten Querschnitts einer geschnittenen Probe des monolithischen Keramikkondensators mit einem Rasterelektronenmikroskop ermittelt.

Die Delaminierung (Abspaltung der Schichten) in dem polierten Querschnitt wurde ebenfalls mit dem Rasterelektronenmikroskop festgestellt.

Die elektrostatische Kapazität und der Dielektrizitätsverlust ($\tan \delta$) wurden mit einer automatischen Meßbrücke nach der Japanischen Industrienorm (JIS) 5102 gemessen, und die spezifische Dielektrizitätskonstante (ϵ_r) wurde aus der festgestellten elektrostatischen Kapazität berechnet.

Als Hochtemperaturbelastungstest wurde eine Änderung im Isolierwiderstand über die Zeit bei 150°C gemessen, während eine Gleichspannung von 10 V angelegt wurde. Bei dem Hochtemperaturbelastungstest wurde jede Probe als defekt angesehen, wenn der Isolierwiderstand 10⁵ Ω oder weniger wurde, und eine durchschnittliche Lebensdauer von 50 Proben wurde aus dieser Zeit ermittelt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 und 3 dargestellt, wobei Sternchen (*) anzeigen, daß die Proben außerhalb der vorliegenden Erfindung liegen.

Tabelle 2

Probe Nr.	Rauigkeit Der Übergangs- fläche Ra (nm)	Auftreten von Poren (%)	Ungesinterte Keramiklage		Elektrodenpastenschicht			Dicke der inneren Elektroden- schicht (µm)	Dicke der Keramik- schicht (µm)	Flächen- schrum- pfung der Keramik (%)	Auftreten von Delami- nierung (%)	Elektrische Eigenschaften					
			Geglätet		Geglätet		Aufge- tragene Dicke (µm)					ε r (-)	tan δ (%)				
			Ra (nm)	Nein	Ra (nm)	Ja											
1*	382	3,0	228	0	187	0	0,30	3	0,45	30	0	1650	2,4	1			
2*	350	2,1	143	0	187	0	0,30	3	0,45	30	0	1600	2,4	1			
3*	288	2,5	228	0	110	0	0,30	3	0,45	30	0	1640	2,4	2			
4*	280	1,8	143	0	110	0	0,30	3	0,45	30	0	1660	2,4	4			
5*	289	1,6	162	0	132	0	0,30	3	0,45	30	0	1580	2,3	6*			
6*	255	0,8	97	0	132	0	0,30	3	0,45	30	0	1560	2,4	1*			
7*	231	1,2	162	0	76	0	0,30	3	0,45	30	0	1570	2,4	18			
8	125	0,8	97	0	76	0	0,30	3	0,45	30	0	1590	2,4	67*			
9	176	0,7	120	0	112	0	0,30	3	0,45	30	0	1440	2,2	52...			
10	114	0,3	48	0	112	0	0,30	3	0,45	30	0	1480	2,3	73...			
11	110	0,2	120	0	50	0	0,30	3	0,45	30	0	1490	2,3	81...			
12	79	0,2	48	0	50	0	0,30	3	0,45	30	0	1480	2,3	91...			
13	130	0,6	112	0	50	0	0,15	3	0,20	20	55	1420	2,3	40			
14	130	0,6	112	0	50	0	0,50	3	0,60	20	60	1480	2,4	43			
15	92	0,5	76	0	50	0	0,15	3	0,20	25	0	1520	2,3	85			
16	92	0,5	76	0	50	0	0,50	3	0,70	25	0	1480	2,3	82			

Tabelle 3

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

Probe Nr.	Rauigkeit Der Übergangs- fläche Ra (nm)	Auftreten von Poren (%)	Ungesinterte Keramiklage		Elektrodenpastensicht			Dicke der inneren Elektroden- schicht (µm)	Dicke der Keramik- schicht (µm)	Aufgetragene Dicke (µm)	Geglättert	Ja Nein	Ra (nm)	Geglättert	Ja Nein	Ra (nm)	Elektrische Eigenschaften											
																		Auftreten von Delami- nierung (%)	Durch- schnittl. Lebens- Dauer (Std.)									
17(12)	79	0,2	48	0	50	0		0,30	3	0,45	30	0	0	1480	2,3	90												
18	79	0,2	48	0	50	0		0,50	3	0,70	30	0	0	1470	2,4	87												
19	70	0,0	45	0	50	0		0,30	3	0,50	35	0	0	1510	2,3	80												
20	70	0,0	45	0	50	0		0,50	3	0,70	35	0	0	1460	2,4	82												
21	65	0,0	40	0	50	0		0,30	3	0,50	40	0	0	1420	2,1	50*												
22	65	0,0	40	0	50	0		0,50	3	0,85	40	0	0	1410	2,2	52*												
23*	282	1,8	155	0	144	0		0,30	5	0,45	30	0	0	1620	2,4	30*												
24	124	0,2	108	0	87	0		0,30	5	0,45	30	0	0	1520	2,3	280												
25	76	0,2	50	0	51	0		0,30	5	0,45	30	0	0	1520	2,3	300*												
26(1)*	280	1,8	143	0	110	0		0,30	3	0,45	30	0	0	1660	2,4	4***												
27(8)	125	0,2	97	0	132	0		0,30	3	0,45	30	0	0	1590	2,4	67*												
28(12)	79	0,2	48	0	50	0		0,30	3	0,45	30	0	0	1480	2,3	90*												
29*	264	1,8	150	0	132	0		0,30	1	0,45	30	0	0	1610	2,4	0,1												
30	102	0,0	98	0	80	0		0,30	1	0,45	30	0	0	1530	2,3	42												
31	76	0,0	42	0	46	0		0,30	1	0,45	30	0	0	1420	2,5	55												

Bei der außerhalb der vorliegenden Erfindung liegenden Probe 1 ist die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht größer als 200 nm, ist das Auftreten von Poren (Prozent pro Fläche) größer als 1% und ist die durchschnittliche Lebensdauer (Zuverlässigkeit) signifikant kurz. Die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklagen und der Elektrodenpastenschicht beträgt 226 nm bzw. 187 nm.

Bei den außerhalb der vorliegenden Erfindung liegenden Proben 2 bis 4 wurde jede ungesinterte Keramiklage und jede Elektrodenpastenschicht einer Glättung unterzogen. Die Oberflächenrauhigkeit Ra derselben nahm also ab, und das Auftreten von Poren nahm ebenfalls ab. Die durchschnittliche Lebensdauer ist jedoch kurz.

Bei der außerhalb der vorliegenden Erfindung liegenden Probe 5 beträgt die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklage und der Elektrodenpastenschicht 162 nm bzw. 132 nm, die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche ist größer als 200 nm, das Auftreten von Poren beträgt mehr als 1% und die durchschnittliche Lebensdauer ist kurz.

Bei den außerhalb der vorliegenden Erfindung liegenden Proben 6 und 7 wird entweder die ungesinterte Keramiklage oder die Elektrodenpastenschicht einer Glättung unterzogen: Bei der Probe 6, wo nur die ungesinterte Keramiklage geglättet wird, ist die durchschnittliche Lebensdauer kurz wegen der Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht, obwohl das Auftreten von Poren weniger als 1% beträgt. Bei der Probe 7, wo nur die Elektrodenpastenschicht geglättet wird, liegen sowohl das Auftreten von Poren als auch die Rauigkeit der Übergangsfläche außerhalb der vorliegenden Erfindung, und die durchschnittliche Lebensdauer ist kurz.

Bei Probe 8 gemäß der vorliegenden Erfindung werden sowohl die ungesinterte Keramiklage als auch die Elektrodenpastenschicht geglättet, und die Oberflächenrauhigkeit Ra derselben beträgt weniger als 100 nm. Die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht beträgt weniger als 200 nm, und das Auftreten von Poren beträgt weniger als 1%. Somit verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer des Kondensators.

Bei Probe 9 werden die ungesinterte Keramiklage und die Elektrodenpastenschicht nicht geglättet; die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche beträgt jedoch weniger als 200 nm, und das Auftreten von Poren beträgt weniger als 1%. Somit verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer.

Bei Probe 10, bei der nur die ungesinterte Keramiklage geglättet wird, beträgt die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche weniger als 200 nm, und das Auftreten von Poren beträgt weniger als 1%. Somit verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer.

Bei Probe 11, wo nur die Elektrodenpastenschicht geglättet wird, beträgt die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche weniger als 200 nm, und das Auftreten von Poren beträgt weniger als 1 %. Somit verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer.

Bei Probe 12, wo sowohl die ungesinterte Keramiklage als auch die Elektrodenpastenschicht geglättet werden, beträgt die Oberflächenrauhigkeit Ra derselben weniger als 100 nm. Darüberhinaus beträgt die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht weniger als 100 nm, und das Auftreten von Poren beträgt weniger als 0,5%. Die durchschnittliche Lebensdauer des Kondensators verlängert sich also noch weiter.

Demnach kann höchst zuverlässige monolithische Keramikkondensatoren erhalten, wenn die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht 200 nm oder weniger beträgt, und wenn das Auftreten von Poren 1% oder weniger beträgt.

Die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht von 200 nm oder weniger wird erzielt, wenn die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklage 100 nm oder weniger beträgt, und wenn die Oberflächenrauhigkeit Ra der durch ein Druckverfahren auf der ungesinterten Keramiklage ausgebildeten Elektrodenpastenschicht 100 nm oder weniger beträgt.

Die Verdichtungs- und Glättungsbehandlung der ungesinterten Keramiklage und der Elektrodenpastenschicht ist wirksam zum Glätten der Übergangsfläche, der Oberfläche der ungesinterten Keramiklage und der Oberfläche der Elektrodenpastenschicht und zum Reduzieren des Auftretens von Poren in der Keramikschicht.

Im folgenden werden Fälle beschrieben, wo die Flächenschrumpfung der Keramik neben der Rauigkeit Ra der Übergangsfläche und der Oberflächen auf der Basis von Probe 12 verändert wird. Bei den Proben 13 bis 22 beträgt die Flächenschrumpfung der Keramik jeweils 20%, 25%, 30% oder 40%. Bei allen Proben beträgt die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht weniger als 200 nm, und die durchschnittliche Lebensdauer hat sich verlängert. Wenn die Flächenschrumpfung wie im Falle von Probe 21 und 22 40% beträgt, nimmt die Dicke der inneren Elektrodenschicht und die Dicke der Keramikschicht im allgemeinen zu. Außerdem kommt es infolge der großen Volumenschrumpfung leicht zu einer Delaminierung. Da der Bindermittelgehalt in der Lage bei der Flächenschrumpfung von 20% gering ist, nimmt die Oberflächenrauhigkeit Ra der ungesinterten Keramiklage zu und die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht nimmt zu, wenn gleich die Dicke der inneren Elektrode und die Dicke der Keramikschicht auf einem niedrigen Wert gehalten werden. Infolgedessen nimmt die Zuverlässigkeit des monolithischen Keramikkondensators im allgemeinen ab. Darüberhinaus erleichtert der niedrige Bindermittelgehalt eine Delaminierung infolge einer schlechten Haftung der Lagen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß die Flächenschrumpfung der Keramik mehr bevorzugt in einem Bereich von 25 bis 35% liegt.

Bei den Proben 23 bis 31 wird die Dicke der Keramikschicht auf 5 µm, 3 µm oder 1 µm verändert. Die Zuverlässigkeit des monolithischen Keramikkondensators hängt stark von der Dicke der Keramikschicht (dielektrische Keramikschicht) und der Kornzahl pro Dickeneinheit ab. Im allgemeinen nimmt die Zuverlässigkeit mit zunehmender Dicke der dielektrischen Keramikschicht und mit zunehmender Kornzahl zu. Eine größere Dicke der dielektrischen Keramikschicht ist jedoch angesichts der Chip-Größe des monolithischen Keramikkondensators nachteilig für eine stärkere Laminierung (höhere Kapazität).

Die Dicke der Keramikschicht beträgt 5 µm bei den Proben 23 bis 25, 3 µm bei den Proben 26 bis 28 bzw. 1 µm bei den Proben 29 bis 31. Bei einer Dicke der Keramikschicht von 5 µm oder 3 µm verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer, wenn die Rauigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht weniger als 200 nm beträgt und wenn das Auftreten von Poren weniger als 1% beträgt. Bei einer Dicke der Keramikschicht von 1 µm verlängert sich die durchschnittliche Lebensdauer und die Zuverlässigkeit ist hoch, wenn die Rauig-

keit Ra der Übergangsfläche weniger als 100 nm und insbesondere 100 nm beträgt.

Von den Proben 23 bis 31 ist die durchschnittliche Lebensdauer kurz bei den außerhalb der vorliegenden Erfindung liegenden Proben 23, 26 und 29, bei denen die Rauhigkeit Ra der Übergangsfläche größer ist als 200 nm.

Demnach ist die Rauhigkeit Ra der Übergangsfläche zwischen der inneren Elektrodenschicht und der Keramikschicht ein besonders wirksamer Parameter, wenn die Dicke der Keramikschicht 3 µm oder weniger beträgt.

In den BEISPIELEN umfassen die monolithischen Keramikkondensatoren dielektrische Keramikschichten aus Bariumtitanat und innere Elektrodenschichten aus Nickel. Die dielektrischen Keramikschichten können auch aus anderen Perovskitwerkstoffen wie Strontiumtitanat und Calciumtitanat bestehen. Die inneren Elektrodenschichten können auch aus anderen Materialien wie Pd, Ag, Ag-Pd und Cu bestehen.

Die vorliegende Erfindung ist anwendbar auf verschiedene monolithische keramische elektronische Bauelemente wie zum Beispiel monolithische keramische Varistoren, monolithische keramische piezoelektrische Bauelemente und monolithische Substrate sowie auf die oben beschriebenen monolithischen Keramikkondensatoren.

Patentansprüche

15

1. Monolithisches keramisches elektronisches Bauelement mit einem Keramikelement aus mehreren Keramikschichten und mehreren inneren Elektrodenschichten, die jeweils zwischen zwei benachbarten Keramikschichten angeordnet sind, bei dem die Rauhigkeit der Übergangsfläche zwischen jeder inneren Elektrodenschicht und jeder Keramikschicht 200 nm oder weniger beträgt, und bei dem das Auftreten von Poren in der Keramikschicht 1% oder weniger pro Fläche in einem polierten Querschnitt beträgt.

20

2. Monolithisches keramisches elektronisches Bauelement nach Anspruch 1, bei dem die Dicke jeder zwischen den inneren Elektrodenschichten angeordneten Keramikschicht 3 µm oder weniger beträgt.

3. Monolithisches keramisches elektronisches Bauelement nach Anspruch 1, bei dem die Dicke jeder inneren Elektrodenschicht in einem Bereich von 0,2 bis 0,7 µm liegt.

25

4. Monolithisches keramisches elektronisches Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die inneren Elektrodenschichten aus einem unedlen Metall bestehen.

5. Verfahren zur Herstellung eines monolithischen keramischen elektronischen Bauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

30

Laminieren von ungesinterten Keramiklagen, die jeweils eine Oberflächenrauhigkeit von 100 nm oder weniger aufweisen und mit einer Elektrodenpastenschicht versehen sind, zu einem ungesinterten Schichtkörper; Verdichten des ungesinterten Schichtkörpers; und

Sintern des ungesinterten Schichtkörpers zu dem Keramikelement.

6. Verfahren zur Herstellung eines monolithischen keramischen elektronischen Bauelements nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfaßt:

35

Laminieren von ungesinterten Keramiklagen, die jeweils mit einer Elektrodenpastenschicht mit einer Oberflächenrauhigkeit von 100 nm oder weniger versehen sind, zu einem ungesinterten Schichtkörper; Verdichten des ungesinterten Schichtkörpers; und

Sintern des ungesinterten Schichtkörpers zu dem Keramikelement.

7. Verfahren zur Herstellung eines monolithischen keramischen elektronischen Bauelements nach Anspruch 5 oder 6, bei dem eine Oberfläche wenigstens einer von jeder ungesinterten Keramiklage und jeder Elektrodenpastenschicht einer Verdichtungs- und Glättungsbehandlung unterzogen wird.

8. Verfahren zur Herstellung eines monolithischen keramischen elektronischen Bauelements nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem die durch die folgende Gleichung dargestellte Flächenschrumpfung 25 bis 35% beträgt:

45

$$(A_0 - A_1)/A_0 \times 10(\%)$$

wobei A_0 die von der Längsrichtung des ungesinterten Schichtkörpers aus betrachtete Fläche darstellt, und A_1 die Fläche des gesinterten Schichtkörpers darstellt.

50

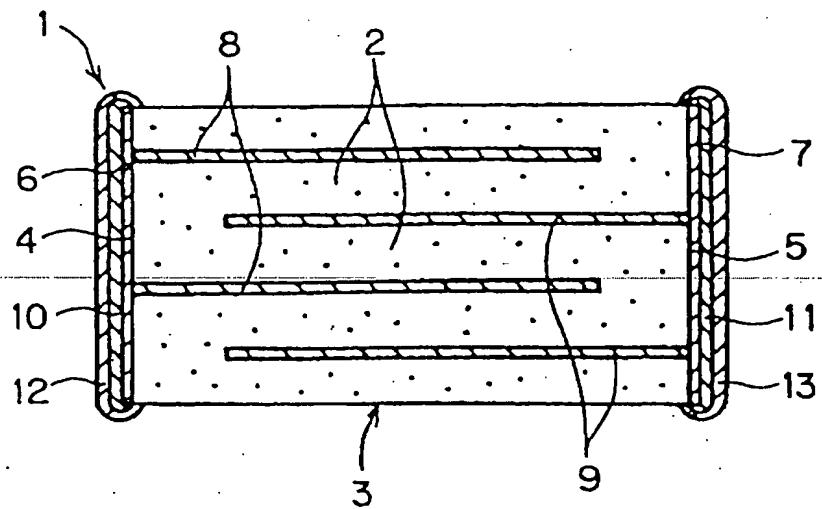
Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

Fig. 1



- Leerseite -

 PAGE BLANK (USPTO)

Monolithic ceramic electronic component e.g. ceramic capacitor, varistor has inner electrode layers distributed alternately between ceramic layers, with suitable coarseness at crossover area

Patent number: DE10053769

Publication date: 2001-05-10

Inventor: MIYAZAKI TAKAHARU (JP); YAMANA TSUYOSHI (JP)

Applicant: MURATA MANUFACTURING CO (JP)

Classification:

- **international:** H01G4/12; H01G4/30

- **european:** H01G4/30, H01C1/14, H01C7/00F, H01C7/18,
H01L41/083

Application number: DE20001053769 20001030

Priority number(s): JP19990306745 19991028

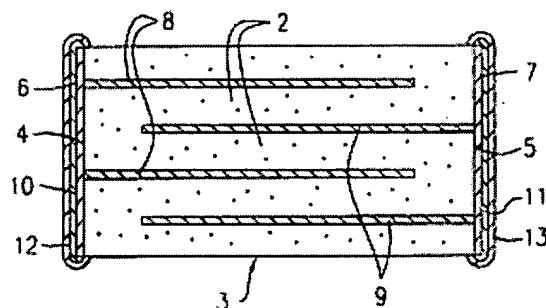
Also published as:

US6320738 (B1)
JP2001126946 (A)

Abstract of DE10053769

Several inner electrode layers (8,9) are arranged alternately between dielectric ceramic layers (2). The coarseness at the crossover area between each inner electrode layer and ceramic layer, is set to 200 nm or less. The porosity of ceramic layer is about 1% or less per area in polished cross section. An Independent claim is also included for monolithic ceramic electronic component production method.

1 —



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (Top)